

Borhraði og bergstyrkur



MARS 2019

Styrkt af rannsóknarsjóði
Vegagerðarinnar

Höfundar:

Sverrir Örvar Sverrisson
og Höskuldur Búi Jónsson



Fororð

Höfundar eru starfmenn hönnundardeildar og jarðefnadeildar Vegagerðarinnar. Höfundar skýrslunnar bera ábyrgð á innihaldi hennar. Niðurstöður hennar ber ekki að túlka sem yfirlýsta stefnu Vegagerðarinnar eða álit þeirra stofnana eða fyrirtækja sem höfundar starfa hjá.

Allar ljósmyndir í skýrslunni voru teknar af höfundum eða starfsmönnum Vegagerðarinnar.

Viljum höfundar þakka Hafdís Eyglóu Jónsdóttur og Haraldi Sigursteinssyni fyrir veitta aðstoð við gerð skýrslunnar.

Efnisyfirlit

1. Inngangur	1
1.1. Boraðferðir í berg	2
1.1 Markmið.....	3
2. Efnisrannsóknir á bergi.....	4
2.1 Kröfur um berggæði í vegagerð.....	4
2.2 Efnisrannsóknir á rannsóknarstofu.....	5
2.2.1. Los-Angelespróf.....	5
2.2.2. Kúlnakvarnpróf	5
2.3 Borun og sýnataka úr bergi.....	5
2.3.1. Heildarborun.....	6
2.3.2 Bergborun	7
2.3.3. Sýnataka úr bergi.....	7
3. Samanburður á styrk og borhraða	8
3.1 Skorradalur	9
3.2 Fróðárheiði	10
3.3 Eyvík	11
3.4 Ásakot	12
3.5 Alda	13
4. Niðurstaða	14
4.1 Lokaorð	16
Heimildir.....	17

1. Inngangur



**Mynd 1. Jarðtækniborvagn
Vegagerðarinnar nýkominn úr
verksmiðjunni**

Árið 2013 festi Vegagerðin kaup á nýjum jarðtækniborvagni er leysti af eldri vagn sem mjög var kominn til ára sinna. Á mynd 1 má sjá vagninn þegar hann var í prófunum í Finnlandi áður en hann var fluttur til Íslands. Með nýja vagninum varð mögulegt að bora í berg en sá gamli hafði aðeins verið notaður í jarðtækniboranir í lausan jarðveg svo sem mó, mold, sand og mjúkan leir. Nýi vagninn er af gerðinni Gm75 og er svokallaður fjölnota jarðtæknibor af miðstærð, 3,5 t. af þyngd. Borinn er vökvaknúinn með 40 kN niðurfærslukrafti og 70 kN upp færslukrafti.



Mynd 2. Borkerfi á jarðtæknibor

Borinn er útbúinn með tvöföldu borkerfi, sjá mynd 2, vinstra megin er klemma sem nýtist til að ýta niður stöngum og draga þær upp öðru megin en hægra megin er einfalt að skipta um hamar þegar bora þarf í föst jarðlög. Útskiptanlegu hamrarnir nýtast fyrir mismunandi boraðferðir. Oftast er notast við háhraða slagbor sem sjá má hægra megin á mynd 2 en í hans stað má setja höggbor með þungu lóði sem líkir eftir niðurrekstri staura eða kjarnasýnatökudrif sem snýst mun hraðar en borkerfið sjálft býður upp á.

Með bornum er hægt að framkvæma flestar þekktar jarðtækniboranir í lausan jarðveg sem áður höfðu verið gerðar með eldri vagni svo sem; snúnings- og þrýstiboranir í lausan jarðveg, cputu próf í mjög lausan jarðveg þar sem hætta er á skerbroti eða ysjun og jafnframt er hægt að taka hálfmánasýni og óhreyft sýni úr mjúku efni.

Auk þessara hefðbundnu, þekktu jarðtækniathugana hér á landi, má með nýja bornum framkvæma fleiri aðferðir svo sem; heildarboranir þar sem skiptist á fastari jarðvegslög og lausari eða grófara efni liggur ofan á lausara, taka má sýni úr fastari jarðvegslögum þ.e. þéttum leir, mól eða þökkuðum sandi með svokölluðum malarsýnataka, bergborun þar sem borað er á stöðugu álagi og snúning gegnum berg og að lokum kjarnaborun í berg allt að 20 m dýpi.

Hér er aðallega fjallað um bergborun með álagi, snúningi skolun og slætti (oft kölluð skotholuborun) og kjarnaborun.

1.1. Boraðferðir í berg

Fyrir tíma nýja jarðtækniþorsins voru rannsóknir í bergi og föstum jarðlögum oftast framkvæmdar á þann hátt að skotholuborað var með loftbor. Með þeirri boraðferð má safna saman svarfi samhliða borun og taka sýni úr svarfinu til berggreiningar. Boraðferðin hefur líka verið nefnd svarfborun. Til að meta lagskiptingu er hraði borunar mældur handvirkt með tímamælingu. Þannig borun gefur ákveðnar upplýsingar um lagskiptingu og eiginleika bergsins (Vegagerðin, 2019). Ókostur þessarar aðferðar er að mikið ryk fylgir þessum borunum auk þess sem svarfið skilar sér ekki alltaf upp úr holunni. Þá getur verið erfitt að átta sig á tímabreytingum í borhraða, auk þess sem bortæki eru misöflug og nákvæm.

Eftir að nýji borinn kom varð fljótlega ljóst að hann hentaði ágætlega til þessa að kanna gæði minni efnisnáma og taka úr þeim sýni. Borinn hefur þá kosti að útgerðin sem fylgir honum er mun minni en stærri tækja sem áður voru notuð. Eins fylgir honum mun minna rask, ekur á breiðum gúmmibeltum og flýtur því vel á viðkvæmum gróðri, og stuðlar hann því að verndun náttúru eins og hægt er við slíkar rannsóknir. Helst er notast við vatnsskolun þegar borað er í berg og því fylgir minna ryk honum en þegar notast er við loftborun. Ekki er hægt að bora eins djúpt með honum eins og hægt er með stærri tækjum en yfirleitt duga 10-20 metra djúpar holur í þeim námum sem Vegagerðin vill sækja efni í. Nýji jarðtækniþorinn safnar nákvæmum gögnum um borhraða, álag á borstál, skolþrýsting, snúningshraða o.fl. Borinn safnar gögnum rafrænt og sjást veik millilög t.d. mjög vel í borholuútskrift.

Auk þess að safna rafrænum upplýsingum um bergið er með lítilli fyrirhöfn hægt að breyta um boraðferð og kjarnabora en slík borun gefur áþreifanlegar upplýsingar um eigindi bergsins og gefur efni til sýnatöku til að rannsaka bergtæknilega eiginleika á rannsóknastofu (Vegagerðin, 2019). Fyrir tíma jarðtækniþorsins voru aðal ókostir slíkra rannsókna þeir að fáir aðilar sjá um kjarnaboranir hér og á landi og yfirleitt kostuðu slíkar rannsóknir hlutfallslega mikið, sérstaklega þegar um lítil verk var að ræða.

Miðað við reynsluna af bornum í bergborunum þótti áhugavert að bera saman niðurstöður úr rannsóknum á borkjörnum og rafrænar upplýsingar úr skynjurum þorsins. Með það að markmiði að geta mögulega dregið úr kjarnatöku sem er fremur seinvirk og þar af leiðandi dýr aðferð. Sótt var um styrk úr rannsóknarsjóði Vegagerðarinnar til þess að bera saman þessi gögn frá mismunandi verkefnum og byrja að byggja upp gagnagrunn sem vonir standa til að muni nýtast í framtíðarverkum.

1.1 Markmið

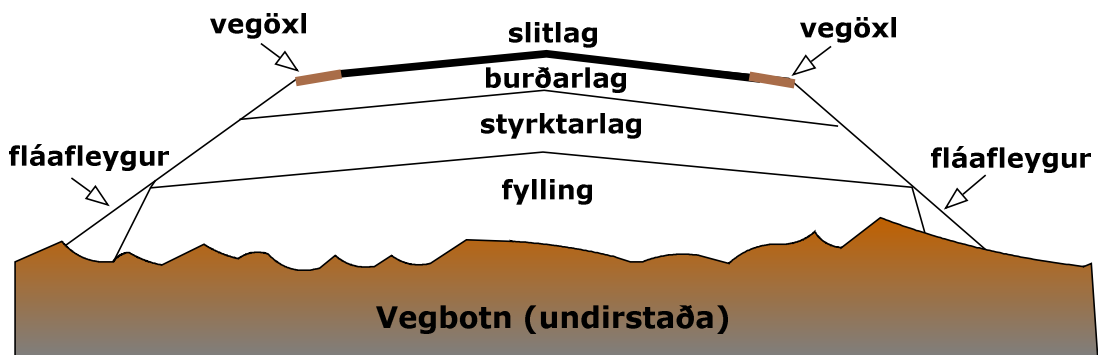
Borun með vatnskölun í hið mjúka berg sem finna má víðast hvar á Íslandi er fremur skjótvirk aðferð til að fá tilfinningu fyrir gæðum bergsins. Þó hefur alltaf þurft að taka kjarna til þess að setja í rannsóknir til þess að fá upplýsingar um styrk þess. Markmiðið með þessari skýrslu er að taka saman rannsóknir sem gerðar hafa verið á rannsóknarstofu á styrk bergs og bera saman við borhraða í berginu og sjá hvort um samsvörun er um að ræða. Loka afurðin úr þessu verki er einföld spátafla þar sem borhraði í bergi er notaðar til þess að spá fyrir um og LA-gildi og til viðmiðunar kúlnakvarnargildi. Með slíkri spá mætti jafnvel draga úr kjarnasýnatöku í námum og gefa gleggri mynd af efnisnánum og skeringum sem ætlunin er að nota í nýbyggingar eða viðhald vega. Eins mætti með skjótari hætti spá fyrir um nothæfi námunnar í mismunandi lög veghlotsins og myndi það nýtast veghönnuðum til burðarþolshönnunar vegarins.

2. Efnisrannsóknir á bergi

Hér verður sjónum beint í upphafi að þeim aðferðum sem notaðar eru til þess að rannsaka bergæði. Seinna í kaflanum verður fjallað um mismunandi boraðferðir og hvernig sýnum er safnað. Fyrst þarf þó að gera grein fyrir af hverju mismunandi lög veghlots þarfnast mismunandi gæða bergs.

2.1 Kröfur um berggæði í vegagerð

Samkvæmt skilgreiningu í Efnisgæðariti Vegagerðarinnar er veghlot „öll uppbygging vegar, efnisheild frá vegbotni til slitlags“ (Vegagerðin 2019, viðauki 7). Í ritinu (2019, kafli 2) er ennfremur sagt um veghlot. „Hefðbundinn vegur skiptist í undirbyggingu og yfirbyggingu, sem saman er nefnt veghlot. Undirbyggingin er vegbotn og fylling. Yfirbyggingin er gerð úr styrktarlagi, burðarlagi og slitlagi.“ Á mynd 3 má sjá hefðbundna lagskiptingu í veghloti.



Mynd 3. Heiti hluta í veghloti, teikning ekki í réttum mælikvarða (Vegagerðin, 2019)

Ástæðan fyrir lagskiptingu vega er sú að gera þarf mismunandi kröfur til efnisgæða eftir staðsetningu lags í veghlotinu. Kröfurnar eru mestar efst, þar sem spennur eru stærstar og áraun mest, en minnka samhliða lækkandi spennum og áraun þegar neðar dregur. Einnig þarf að hafa í huga að lag sem er ofan við áætlað frostdýpi sé ónæmt fyrir áhrifum frostþenslu.

Kröfurnar eru einnig mismunandi eftir ÁDU (árdagsfumferð) og ÁDUþ (árdagsumferð þungra bíla), auk þess sem ummyndun bergsins getur skipt máli. Sem dæmi er krafa um að LA gildi styrktarlags fyrir ÁDUþ 10-100 bíla sé lægra en 30% ef 3. flokks efni samkvæmt berggreiningu er ummyndað, en lægra en 40% ef það er ekki ummyndað. Einnig eru kröfur mismunandi á burðarlagi, eftir því hvaða slitlag er ofan á (lægrri kröfur fyrir burðarlag undir malarslitlagi, en klæðingu).

2.2 Efnisrannsóknir á rannsóknarstofu

Ýmis steinefnapróf eru notuð til að ákvarða hvort efnið stenst kröfur Vegagerðarinnar til notkunar í mismunandi lögum í vegi. Það eru t.d. kornastærðardreifing, berggreining, kornalögun og frostpólspóf. Tvenn próf eru algeng og nokkuð afgerandi í að skera úr um hvort berg er nógu gott í mismunandi veghlot vegarins, en það er styrkleikaprófið Los-Angelespróf (LA-gildi) og kúlnakvarnarpróf (kvarnargildi), því verður nánar fjallað um þau hér.

2.2.1. Los-Angelespróf

Prófið er notað til að mæla styrk flokkaðs steinefnis og notast við kornstærðina 10,0 – 14,0 mm. Prófið fer þannig fram að sýnið er flokkað á 10 og 14 mm sigti, ofnþurrkað, vigtað (5000g) og prófað í Los Angeles tromlu við 31-33 snúninga á mínútu alls 500 snúninga. Innan í tromlunni eru stálkúlur sem valda höggáraun á sýnið og brjóta það niður. Þegar tromlan hættir að snúast er sturtað úr henni, kúlurnar skildar frá, og fíefnamulningurinn sigtaður og niðurstaðan gefin upp sem þyngdartap sýnis. (Vegagerðin, 2019)

2.2.2. Kúlnakvarnapróf

Kúlnakvarnaprófið líkir eftir áraun nagladekkja á bundin slitlög og er því lykilpróf til að meta hæfi efnis í bundin slitlög. Líkt og LA prófið byggir kúlnakvarnaprófið á að sýnið er sett í stáltromlu ásamt stálkúlum. Vatni er bætt við og tromlunni snúið 90 sn/mín í 5400 umferðir. Við þetta myndast núningsáraun auk minniháttar högga sem orsakast af bríkum innan í tromlunni. Höggið er minna en í LA prófinu og því er stundum talað um slitpólspóf. Kúlnakvarnagildið er reiknað sem hlutfall sýnis sem smýgur í gegnum 2mm sigti efir prófun. (Vegagerðin, 2019)

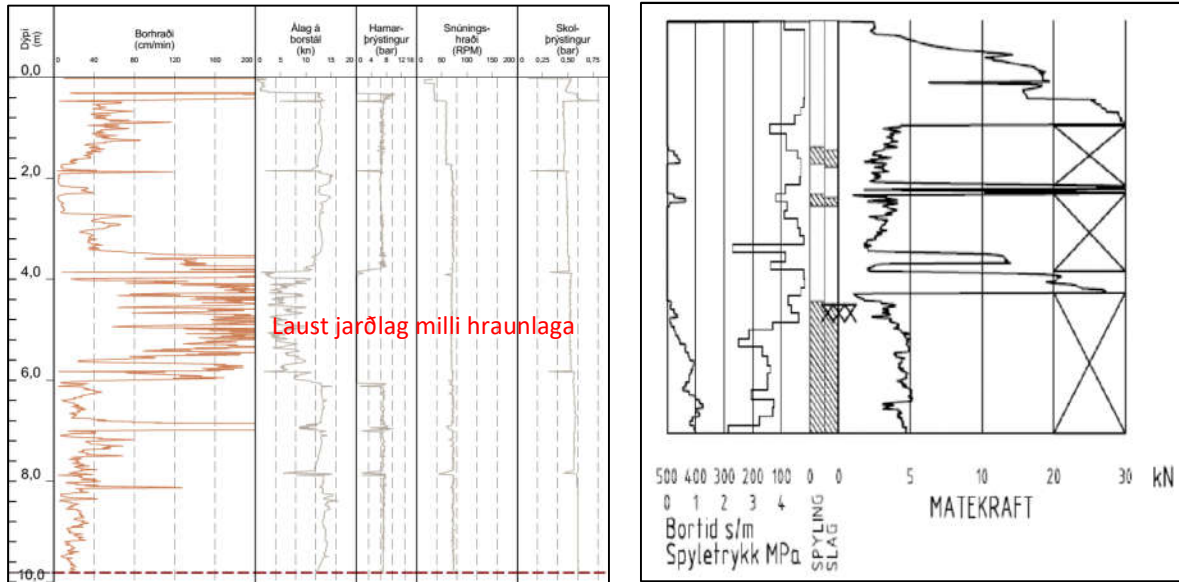
Þessi tvö próf eru nokkuð svipuð í framkvæmd en gefa þó mismunandi gildi. Bæði nýtast við stálkúlur sem slást í efnið. Við borun í berg slást karbítókúlur sem eru fremst á borkrónu í bergið og því er ástæða til að skoða hvort að samsvörun finnist milli gilda og borhraða. Áður en lengra er haldið er því rétt að útskýra hvernig borun í berg fer fram.

2.3 Borun og sýnataka úr bergi

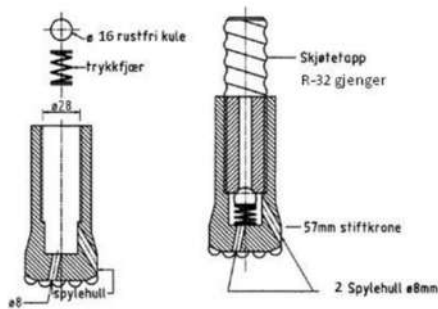
Hér á landi hefur verið notast við blöndu af heildarborun n. total sondering og því sem kallast bergborun n. geosondering til þess að gefa vísbendingar um gæði bergs. Þessi blanda aðferða ræðst af því að Vegagerðin hefur aðeins yfir léttum jarðtæknibor að ráða og hefur hann verið notaður síðustu ár til grunnborana vegna efnisrannsókna. Einnig eru jarðfræðilega aðstæður þannig að oftast er um fremur mjúkt berg að ræða sem léttur bor ræður nokkuð vel við í grunnnum borholum. Munurinn á heildarborun og bergborun er helstu sá að yfirleitt er notast við þyngri og öflugri bora þegar bergborun fer fram (Vegdirektoret, 2014).

2.3.1. Heildarborun

Heildarborun er notuð er til að ákvarða lagþykktir í lausum jarðefnum og dýpi á föst jarðlög eða berg. Með aðferðinni er mögulegt að bora í gegnum stórgrýti eða hraunlög og kanna dýpt og mótstöðu lausra jarðlaga þar undir, sjá mynd 4.



Mynd 4. Myndin til vinstri er dæmi um heildarborun og borholumynd teiknaða upp í gINT þar sem fyrst er borað í gegnum hraunlag, síðan laust jarðefni og svo aftur ofan í hraun. Borun frá bökkum Eldvatns við Ása. Myndin til vinstri er úr norsku handbókinni og sýnir samsetta mynd með sömu upplýsingum og sjá má á fyrri mynd en á öðru sniði. (ath. ekki sama borhola)



miðað við að bora 3 m niður í berg til að tryggja að um klöpp sé að ræða.

Mynd 5. 57 mm borkróna með einstreymisloka. Á myndinni má einnig sjá 32mm nippil (Vegdirektoret, 2014)

2.3.2 Bergborun

Þegar verið er að kanna klapparnámur eða efni í skeringum fyrir vegagerð er yfirleitt borað dýpra (10-15 m) í klöpp til að fá vísbendingar um gæði klappar. Þá er snúningur aukinn, yfirleitt í 80-100 sn/mín, vatnsdæling og sláttur settur í gang og stöðugur kraftur á niðurfærslu borsins um 10-15 kn, fer eftir eigindum bergs, aukið álag slítur borkrónum hraðar. Borhraði í cm/mín er sá tími sem það tekur að pressa borstáli niður í bergið. Skörð og hopp í borhraða gefa til kynna breytileika t.d. sprungur eða lagskiptingu þegar búið er að leiðrétta fyrir stangarskiptum (Vegagerðin Hönnunardeild, 2016).

Með bergborun má fá vísbendingar um lagskiptingar í bergi, lekt þess og styrk. Sömu borstangir og króna eru notaðar í bergborun og heildarborun og eru aðferðirnar um margt svipaðar nema að norsku handbækurnar gera ráð fyrir stærri borum með öflugri vatnskölun sem skila líka meira álagi. Borstjóri þarf að fylgjast vel með sliti á borkrónum þegar um bergborun er að ræða til að niðurstöður séu samanburðarhæfar. (Vegdirektoret, 2014)

2.3.3. Sýnataka úr bergi

Kjarnaborun með borvagni Vegagerðarinnar fer þannig fram að hamar sem notaður er í heildarborun og bergborun er tekinn af og sérhæft háhraða bordrif sett í staðinn. Í sýnatökunni er notast við 1,5 m. langar álstangir og er kjarnasýnatakinn útbúinn með demantskrónu sem sker bergið sem safnast svo inn í innra rör. Kjarninn er um 1,5 m. langur, ef hann er heill, og 42mm í þvermál. Í sýnatöku er notast við vatnskölun. Kjarnasýnum er safnað í kjarnakassa og þannig fluttir á rannsóknarstofu.

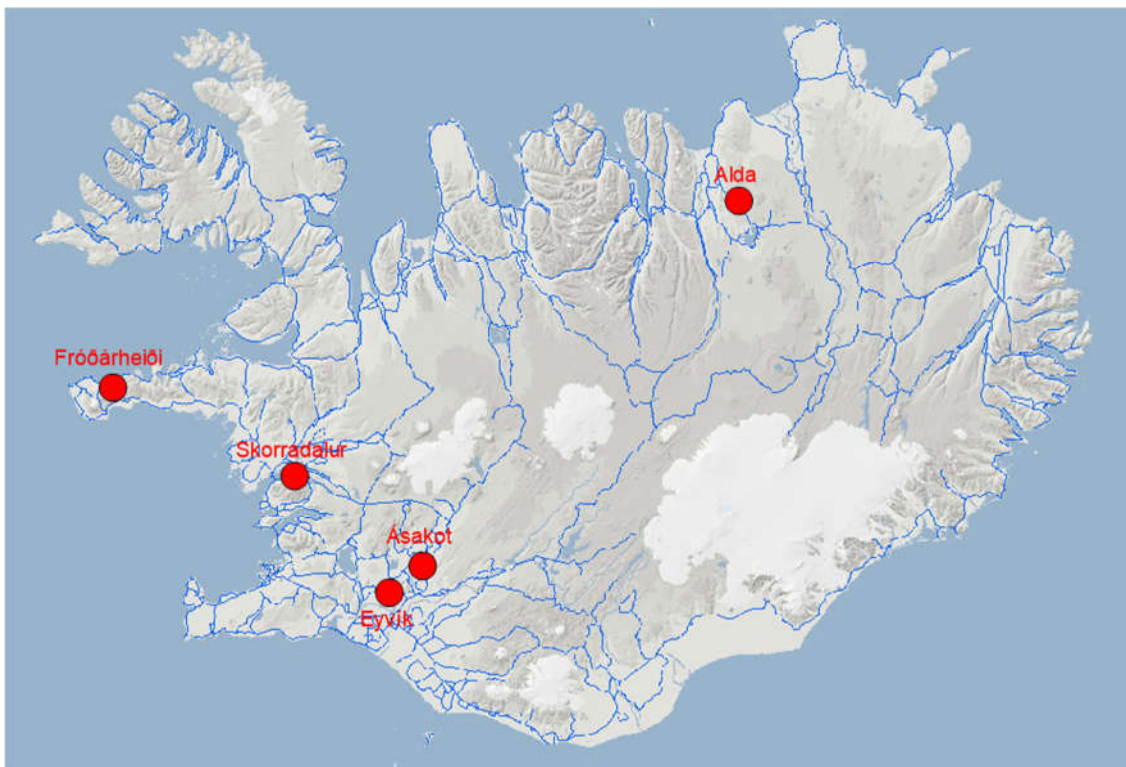
Stundum reynist nauðsynlegt að fódra holur ef lausmassi liggur ofan á bergi þar sem kjarnasýnataki ræður illa við laust efni, stíflast og getur skemmst. Fóðrun með borvagni Vegagerðarinnar fer fram með svokallaðri MIT aðferð í stað odex aðferðarinnar sem notuð hefur verið í gegnum tíðina. MIT aðferðin byggir á að ytri borkróna er soðin á fóðurrör, 1 m. löng, sem innri borkróna læsist í þegar borað er (Vegagerðin, 2016). Þegar fóðurrör er komið á tilætlaðan stað þá er innri borkrónunni aflæst og dregin til baka í gegnum fóðurrörin. Fóðrun með þessari aðferð gerir það kleift að nota fóðurrörin aftur þar sem þau eru skrúfuð saman til að lengja þau. Ef þarf að nota fóðurrör er oftast bara notuð 2-3 fóðurrör til að komast niður á klöpp í þeim námum sem Vegagerðin er að rannsaka. Að borun lokinni eru fóðurrörin dregin upp og holunni lokað.

Með því að bora skotholur með rafrænni útskrift og taka kjarna samhliða þeim opnast möguleikinn á samanburðarrannsókn á þessu tvennu.

3. Samanburður á styrk og borhraða

Rannsóknin byggir á fyrirliggjandi gögnum sem safnað hefur verið síðastliðin ár í efnisnánum sem Vegagerðin ætlar að nýta eða hefur þegar notað við vegaf framkvæmdir eða viðhald vega. Samanburðurinn miðast við námur sem rannsakar voru eftir að nýr hamar var tekin í notkun árið 2015.

Hér á eftir fylgir stutt yfirlit yfir þær námur sem rannsóknin byggir á. Nokkrum námum sem rannsakaðar voru eftir 2015 var hafnað þar sem þær hentuðu ekki í þessa rannsókn vegna þess að borholur voru langt frá kjarnaholum, kjarnar mjög blandaðir í rannsókn eða kjarnar höfðu ekki enn verið rannsakaðir.



Mynd 6 Staðsetningar efnisnáma sem liggja til grundvallar rannsókninni

Á mynd 6 má sjá landfræðilega staðsetningu námanna.

3.1 Skorradalur



Mynd 7 Kjarni 19 úr skeringu við Fossmela og borhraðalínurit úr næstu skotholu fyrir samsvarandi dýpi.

Borað var í skeringu við Skorradalsveg í mars 2018 (508-01) og teknir tveir kjarnar. Þessi tilvonandi náma var hvað síst marktæk af þeim sem voru í úrtakinu þar sem kjarnar voru töluvert langt frá skotholum, og kjarni var ekki einsleitur, sjá mynd 7. Einungis var til LA-gildi en ekki kúlnakvarnargildi og LA-gildið var enn fremur blandað úr tveimur kjörnum 17 og 19.

Samkvæmt berggreiningu NMI (18.5.2018) er um að ræða þétt basalt sem að einhverju leyti lítilega ummyndað og að mjög litlu leyti mjög ummyndað. Bergið fellur að mestu í gæðaflokk 1 og 2, 43% í 1.flokk og 53% í 2. flokk vegna bundins slitlags.

Borað var í gegnum mold og mól og karga áður en komið var í hreint undirliggjandi berg. Borhraði á að mestu á bilinu 15-30 cm/mín í klöppinni eins og sjá má á mynd 7. Ef sjónrænt mat á kjarna og borhraðalínuritið er borið saman má sjá að línuritið er smáskörðótt í efsta 1,5 m. og má leiða að því líkum að það samsvarist brotna efsta hluta kjarnans. Þegar neðar dregur þá lækkar borhraðinn og línuritið verður jafnara. Í botni holunnar eykst hraðinn aftur og má leiða að því líkum að um veikara berg sé að ræða.

Til þess að bera saman borhraða og LA-gildi var ákveðið að nota meðalborhraða í þeirri holu sem liggur næst sýnatökuholu og miðað við dýpi sem samsvarar sem best lengd kjarna. Þegar þessi aðferð er notuð kemur í ljós að meðalborhraðinn var 21 sm/mín og LA-gildið er 13.9. Ef miðað er við aðra skotholu nær kjarna 17 þó kemur sama niðurstaða 21 sm/mín sem gefur til kynna að um nokkuð áreiðanlegar niðurstöður er að ræða milli skothola. LA-gildið er blandað af kjörnum 17 og 19 eins og áður sagði.

3.2 Fróðárheiði



Mynd 8. Kjarni 49 úr efnisnámu í norðanverðri Fróðárheiði og borhraðalínurit úr nærliggjandi borholu fyrir samsvarandi dýpi.

1. flokk og 20% í 2. flokk vegna bundins slitlags. Taka þarf tillit til þess að berggreining var aðeins framkvæmd á sýni sem tekið var úr yfirborði.

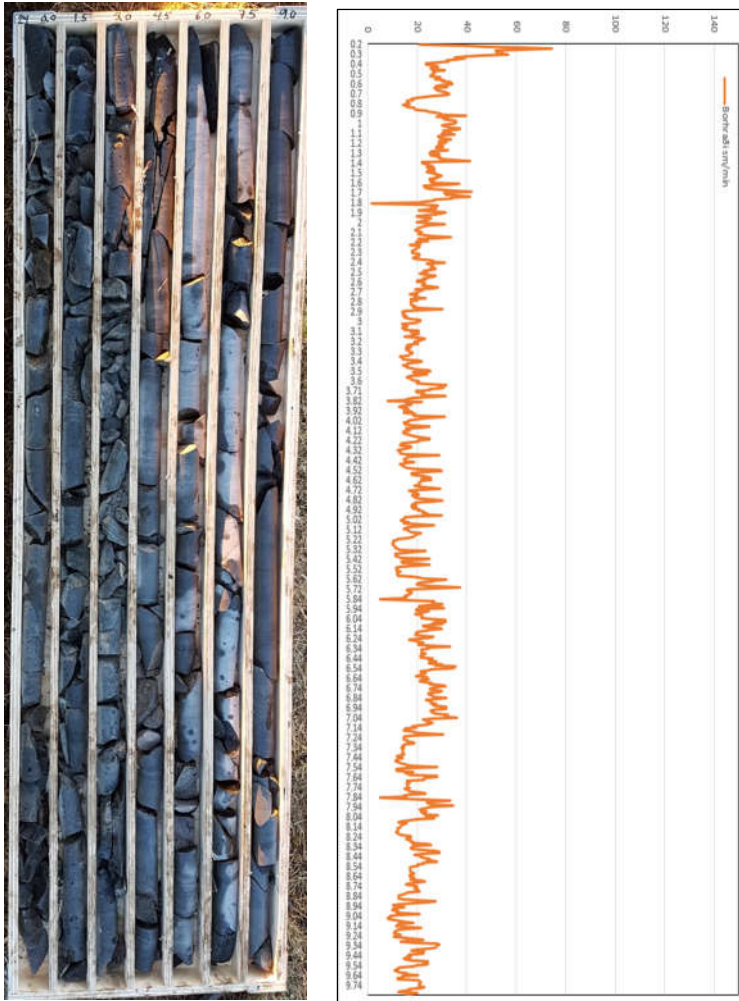
Borhraði lá að mestu á bilinu 15-30 cm/mín í klöppinni og þéttist þegar neðar dregur sem samsvarar ágætlega við kjarnann, sjá mynd 8.

Í þessari klöpp var meðalborhraði 26 sm/mín og LA gildið 17,3. Til samanburðar er líka tiltekið gildi úr kúlnakvarnarprófi sem var 15,3. Skothola nærliggjandi kjarna 46 sýnir sambærilegan borhraða. LA-gildið og kúlnakvarnagildi er fengið úr blöndu af kjarna 46 og 49.

Borað var í klöpp við Snæfellsnesveg (54-10) í júní 2018 og þær skotholur sem liggja hvað næst sýnatökuholu notaðar til viðmiðunar. Borað var í gegnum yfirborðsjarðveg 0.5 – 0.8 m og stórgrýti áður var komið er í klöpp. Þessi tilvonandi náma var ágætlega marktæk þótt kjarnar væru spölkorn frá skotholum þar sem kjarni virðist vera úr mjög einsleitu efni. Tveir kjarnar voru teknir 46 og 49, en einnig var rannsökuð klöpp í yfirborði en það sýni sýndi svipuð gildi til marks um einsleitni. LA gildið var fengið með blöndun kjarna.

Samkvæmt berggreiningu NMI (22.5.2018) er um að ræða þétt, ferskt basalt sem að einhverju leyti ummyndað og að litlu leyti mjög ummyndað. Bergið fellur að mestu í gæðaflokk 1 og 2, 80% í

3.3 Eyvík



Mynd 9. Kjarni 24 úr skeringu á Sólheimavegi við bæinn Eyvík og borhraðalínurit úr borholu á sama stað fyrir samsvarandi dýpi.

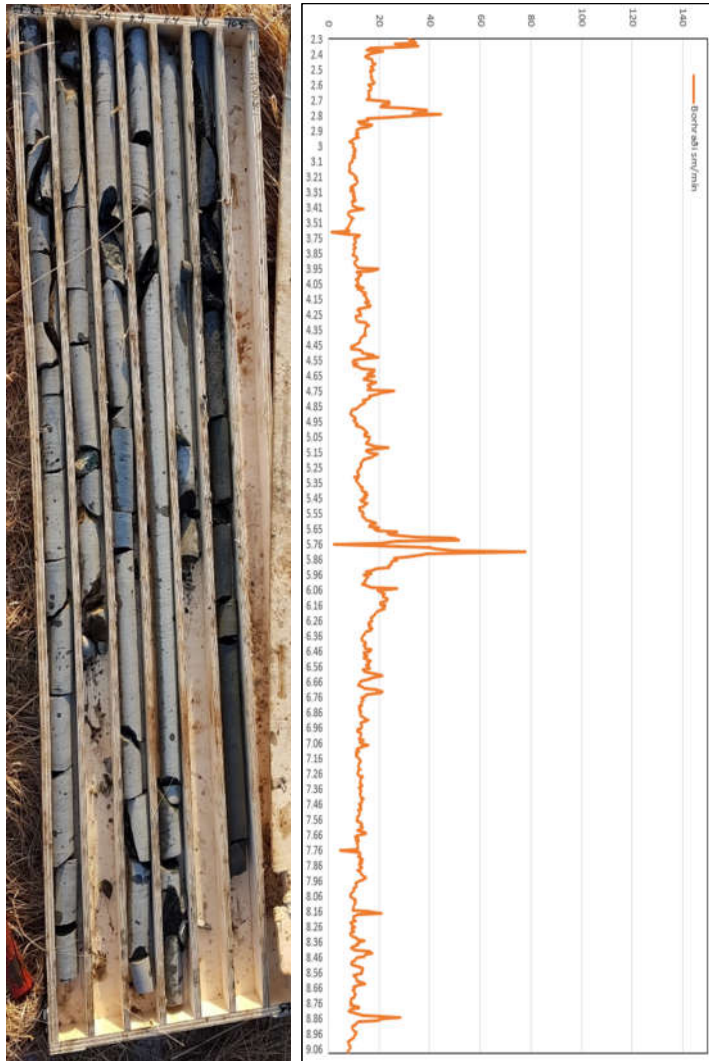
Hér var meðalborhraði 21 sm/mín og LA gildið 13,6. Til samanburðar er líka tiltekið gildi úr kúlnakvarnarprófi sem var 11,2.

Borað var í skeringu á Sólheimavegi (354-01) við bæinn Eyvík. Kjarninn var tekin á sama stað og skothola. og ekki var borað í gegnum neitt laust jarðlag í þessari holu, þannig að mjög góð líkindi ættu að vera með kjarna og skotholu.

Samkvæmt berggreiningu NMI (17.12.2018) er um, ferskt og þétt basalt að ræða en niðurstaða LA og kúlnakvarnar er samt að hluta til tekin úr stáli, en mjög einsleitt samkvæmt berggreiningu (100 % í 1. flokk) í báðum sýnum.

Borhraði í skotholu var á bilinu 15-30 sm/mín í klöppinni, sjá mynd 9. Eins og sjá má á myndinni er kjarninn nokkuð brotinn og samsvarast það ágætlega skörðóttu borhraðalínuriti.

3.4 Ásakot



Mynd 10. Kjarni 29 úr skeringu á Bræðratunguvegi við Ásakot og borhraðalínurit úr borholu á sama stað fyrir samsvarandi dýpi.

Hér var meðalborhraði 16 sm/mín og LA gildið 14,8. Til samanburðar er líka tiltekið gildi úr kúlnakvarnarprófi sem var 9,1. LA-gildið og kúlnakvarnagildi er fengið úr blöndu af kjarna 46 og 49.

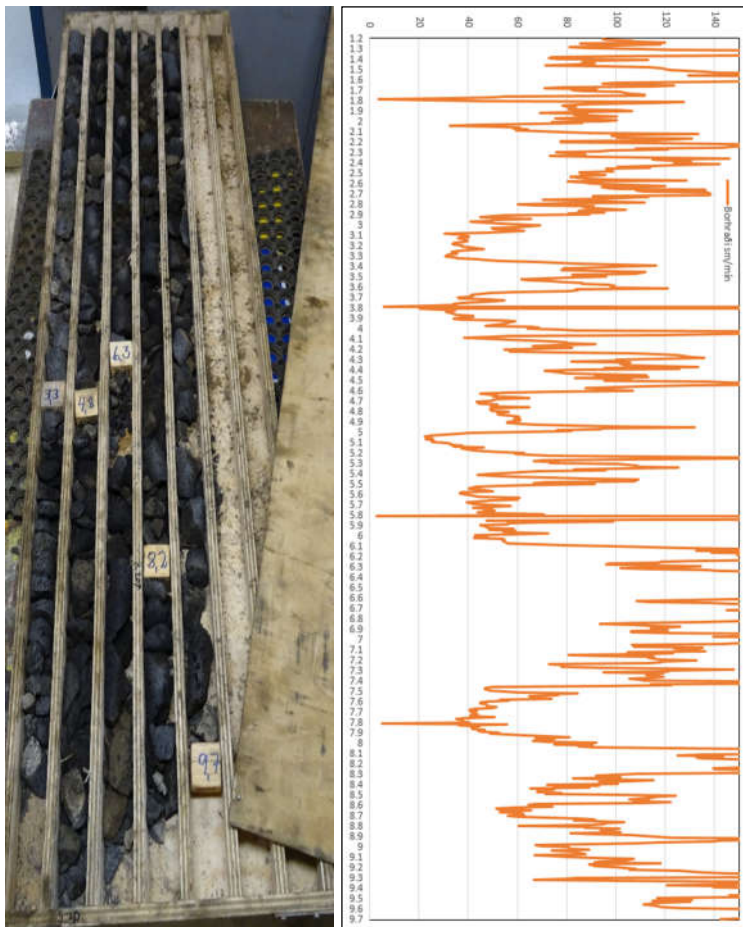
Borað var í skeringu á Bræðratunguvegi (359-01) á móts við bæinn Ásakot. Teknir voru tveir kjarnar og annar var á sama stað og skothola, sjá mynd 10.

Bora þurfti í gegnum laust jarðlag í þessari holu og kjarnaholan því fóðruð niður að klöpp.

Samkvæmt berggreiningu NMI (18.12.2018) er að mestu um, ferskt og þétt basalt að ræða og 91% fara í 1. flokk en 9% í flokk.

Borhraði í skotholu var á bilinu 10-30 sm/mín í klöppinni en að mestu undir 20 sm/mín. Borhraði var nokkuð jafn og kom því kjarni ágætlega heillegur upp, sjá mynd 10.

3.5 Alda



Mynd 11. Kjarni A úr hól norðan Þeistareykjavegar og borhraðalínurit úr borholu á svipuðum stað fyrir samsvarandi dýpi.

Hér var meðalborhraði 110 sm/mín og LA gildið 28. Til samanburðar er líka tiltekið gildi úr kúlnakvarnarprófi sem var 24,3. LA-gildið og kúlnakvarnagildi er fengið úr blöndu af kjarna 101b og 98a. Á vinnslustigi var líka tekið efni úr námunni til rannsóknar og var LA-gildið þá mælt 26,2

Borað var í hól norðan Þeistareykjavegar vegna framkvæmda við Kísilveg (87-01). Teknir voru tveir kjarnar sem og skotholuborað.

Samkvæmt berggreiningu NMI (2017) er að mestu um, ferskt og blöðrótt basalt að ræða og 90% fara í 2. flokk en 10% í 3.flokk.

Borhraði í skotholu var á bilinu 40-140 cm/mín í berginu og var borhraði í berginu mjög óstöðugur og borun gekk mjög hratt. Á mynd 11 má sjá hversu brotinn kjarninn er og enn fremur hversu skörðótt og misjafnt borhraðalínuritið er. Miðað við fyrri reynslu mátti ekki miklu muna að svona kjarni myndist algjörlega niður og algjört kjarnatap yrði, virðist það þó fara það þó eftir eigindum bergsins hvort að sýnataka heppnist.

4. Niðurstaða

Vegna smæðar úrtaks er ekki unnt að gera þýðingarmiklar stærðfræðilegar greiningar á líkindum en þrátt fyrir það má sjá að þegar niðurstöður úr rannsóknarstofufrófunum á kjörnum og meðalborhraði í nærliggjandi borholum á samsvarandi dýpi eru bornar saman virðist vera einhver fylgni þar á milli. Í töflu 1 eru gildin tekin saman.

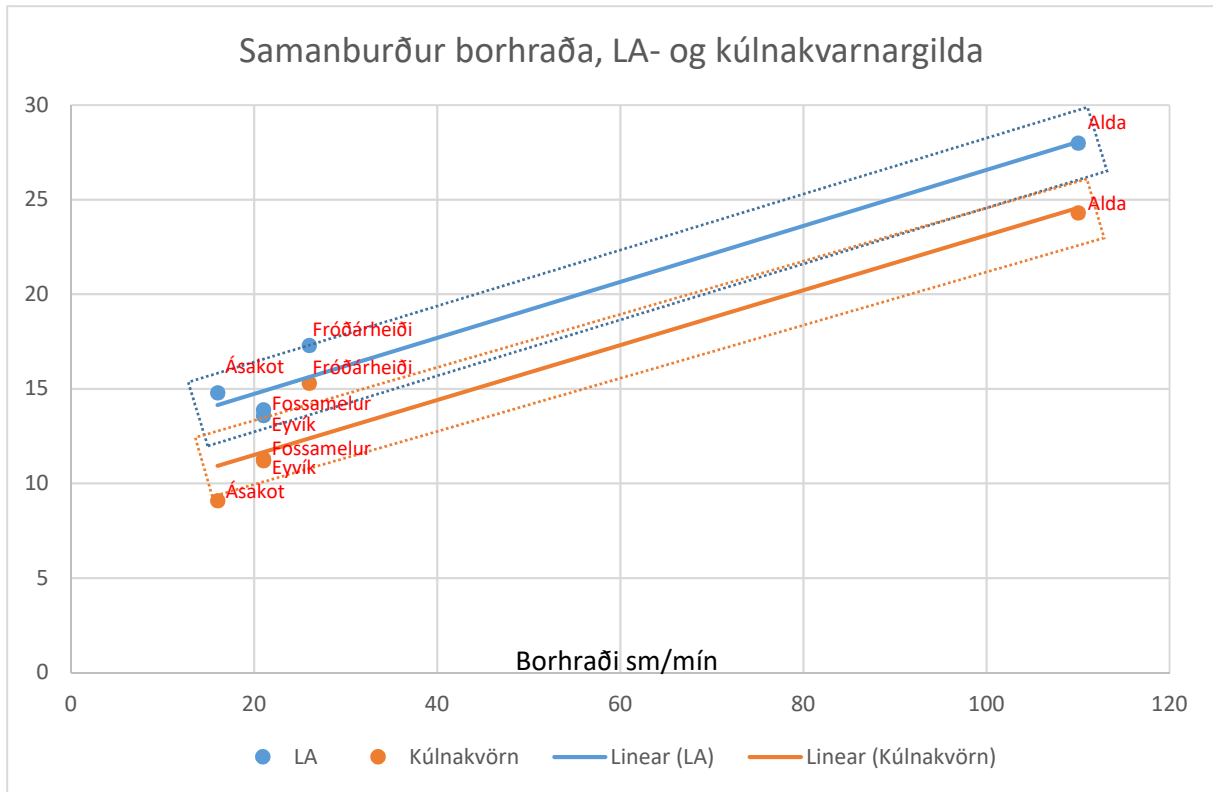
Tafla 1. Meðaltalsborhraði, LA-gildi og Kvarnagildi úr námunum

	Borhraði/meðaltal sm/mín	LA gildi %	Kvarnargildi %
Skering við Fossamel (Sk17 og SK19)	21	13,9	11,3*
Fróðárheiði 1 (F46 og F49)	26	17,3	15,3
Eyvík (24'18 og stál)	21	13,6	11,2
Ásakot (29'18 og 34'18)	16	14,8	9,1
Alda	110	28	24,3

*Áætlað, ekki til rannsókn

Sú náma sem sker sig úr er Ásakot sem mælist með lægsta borhraða en aftur á móti er LA-gildið 14,8. Vakin er athygli á að þar mælist kvarnargildið 9,1. Spurning er því hvort að kvarnargildið samsvari broti borkrónu betur heldur en LA-gildið þegar meta á styrk út borhraða frá. Hinar námurnar virðast vera í nokkru samræmi þar sem t.d. Fossamelur og Eyvík sýnast svipuð LA-gildi og sama borhraða. Gildin úr Öldu eru öfgagildi og líklegt að ef borhraði mælist hærri en þar muni vera mjög erfitt að fá nothæft sýni til rannsóknar. Þannig má leiða að því líkum að borhraði yfir 120 í bergi sé vísbending um LA-gildi yfir 30.

Ef niðurstöður töflu eru teiknaðar upp á línurit, sjá mynd 12, þar sem borhraði er settur á x-ás en styrk gildin á y-ás eru vísbendingar um að hægt sé að greina fylgni milli borhraða og styrk gilda þar sem lægri borhraði samsvarar lægri gildum í LA og jafnvel kúlnakvörn. Öfgagildið úr Öldu hefur mikil áhrif á línuna eins og staðan er í dag. Einnig hefur LA-gildið úr Ásakoti sem virðist ekki fylgja línunni nokkur áhrif.



Mynd 12. Línurit meðalborhraði á móti LA-gildi og kúlnakvarnargildi

Út frá línuritinu á mynd 12 er hægt að útbúa gróflega einfalda töflu sem spáir fyrir um LA-gildi flokka út frá borhraða. Í töflunni er öryggisbilið frekar túlkað styrk gildinum í hag þ.e. gefið upp nær efri línunni í afmörkuninni sem sýnd er um hvora línu með brotinni punktalínu.

Tafla 2. Spátafla sem gefur vísendingar um í hvaða flokk styrkgildin falla miðað við borhraða.

Borhraði/meðaltal sm/mín	LA-gildi flokkar	Kvarnargildi flokkar	Veghlot lög
<20	10-15	0-10	Klæðing
20-40	15-20	10-15	Klæðing/efri hluti burðarlags
40-60	20-25	15-20	Neðri hlut burðarlags/efri hluti styrktarlags
60-100	25-30	20-25	Neðri hluti styrktarlags/Fylling
>100	30<	20<	Fylling

Með því að notast við töflu 2 ætti að vera hægt að spá gróflega fyrir um í hvaða veghlotslög efnið er nothæft og í hvaða styrkleikaflokk kjarnar úr námunni myndu falla.

4.1 Lokaorð

Hér hefur verið gerð tilraun til þess að bera saman borhraða og styrk bergs og uppfylla markmið verkefnisins um að setja saman einfalda töflu sem byggði á fyrirbyggjandi, sambærilegum gögnum um borhraða og styrkleikagildi bergs.

Taka þarf spátöflunni með þeim fyrirvara að gagnasafnið sem hún byggir á er lítið og því má segja að um einskona forrannsókn sé að ræða. Helgast smæð gagnasafnins af því að sá hamar, til skotholuborunnar, sem kom með borvagninum reyndist illa og þurfti því að skipta um hamar sem var gert árið 2015. Ekki hafa alltaf verið boraðar skotholur í nágrenni kjarnahola og nokkrar efnisnámur sem hægt væri að koma inn í samanburðinn bíða rannsóknar á rannsóknarstofu.

Þrátt fyrir þessa annmarka virðast niðurstöðurnar benda til þess að meðalborhraði geti gefið vísbendingu um í hvaða flokki styrkgildin gætu lent s.s. hvaða styrkur er í berginu. Til þess að staðfesta niðurstöðuna þyrfti að fara í nákvæmari rannsóknir og framkvæma boranir með slíka rannsókn í huga. Taka þyrfti kjarna og bora í mismunandi námur með mismunandi efnisgæði og jafnvel taka ákveðin lög í námum til sérstakrar greiningar á rannsóknarstofu til þess að kvarða gildi miðað við borhraða. Mælst er til þess að við frekari efnisrannsóknir með þessum búnaði að boraðar séu skotholur á sama stað og kjarni er tekinn til þess að unnt sé að sannreyna niðurstöðurnar og aðlaga hallalínuna betur raunverulegum gildum. Fróðlegt væri t.d. að sjá hvort að LA-gildi í kringum 25 myndi lenda nálægt 80 sm/mín meðalborhraða. Eins væri mjög fróðlegt að sjá hvort kvarnagildið sé með sterkari tengingu við meðalborhraða en LA-gildið. Aukaafurð þessarar rannsóknar er við sjónrænan samanburð á kjarna og borhraðalínuriti virðist skörðótt línuriti benda til brotnari kjarna og vísbending um kleyfni efnisins en þetta þyrfti að skoða betur. Einnig væri áhugavert að skoða áhrif ummyndunar á borhraða og gildin.

Markmiði rannsóknar á fyrirbyggjandi gögnum telst fullnægt, þ.e. að útbúa spátöflu um styrk byggt á borhraða. Í framhaldinu er einfalt að fylla inn í töfluna með nýjum gögnum, þegar þau berast, til þess að aðlaga halla línunnar og sannreyna forspárgildi töflunnar.

Frekari rannsókn er þörf til þess að staðfesta eða hrekja niðurstöður þessar. Ekki vannst tími til að kanna hvernig staðið hefur verið að slíkum samanburði í nágrennalöndunum eða hvort það er yfirhöfuð gert. Einnig mætti bæta inn í rannsóknina fleiri skynjurum af bornum. Þannig væri áhugavert að skoða áhrif snúningshraða, hvort að vatnaskolunarþrýstingur gefi vísbendingar um lekt í bergs og hvort mismunandi álag á borstál gefi mismunandi niðurstöður. Vonir standa til þess að hægt verði að fylgja eftir þessari rannsókn og við frágang á borniðurstöðum og rannsóknarstofuþrófunum framtíðarverka verði fyllt inn í þann gagnagrunn sem rannsóknin hefur byggt upp.

Heimildir

Vegagerðin, Hönnunardeild, 2016. Jarðtæknirannsóknir fyrir vega- og brúargerð.

Vegdirektoret, 2014. Geoteknisk felthámbok – ráð og metodebeskrivelser, handbook V222.

Vegagerðin 2019, Efnisrannsóknir og efniskröfur - Kaflar 1-7 + viðaukar.

<http://www.vegagerdin.is/upplýsingar-og-utgafa/leidbeiningar-og-stadlar/efnisrannsoknir/>

(sótt 18.1.2019)